

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固定電極群が形成された基板と、前記固定電極群と対向する面に導電性インク又は導電性塗料を付着又は含浸させて成る可動電極を有したエラストマー製の可動板とを具備すると共に、前記固定電極群と可動電極とから複数の可変静電容量部を構成し、前記可動板に加えた力の大きさと方向に対応して各可変静電容量部の静電容量が変化するようにしてあることを特徴とする静電容量式力覚センサ。

【請求項 2】 固定電極群が形成された基板と、前記固定電極群と対向する面に導電性金属を蒸着させて成る可動電極を有したエラストマー製の可動板とを具備すると共に、前記固定電極群と可動電極とから複数の可変静電容量部を構成し、前記可動板に加えた力の大きさと方向に対応して各可変静電容量部の静電容量が変化するようにしてあることを特徴とする静電容量式力覚センサ。

【請求項 3】 可動板には、エラストマーより成る凸状の操作部が一体成形されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 4】 固定電極群は、 180° 間隔で電極が配置されたものであり、二つの可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用した X 軸方向の力の大きさ及び正負方向が検出できるようにしてあることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 5】 固定電極群は、 90° 間隔で電極が配置されたものであり、一方の直線上で対向する可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用した X 軸方向の力の大きさ及び正負方向が検出でき、他方の直線上で対向する可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用した Y 軸方向の力の大きさ及び正負方向が検出できるようにしてあることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 6】 90° 間隔で配置された四つの電極で囲まれた基板部分に独立する電極を形成してあり、前記した独立する電極と可動電極とにより構成される可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用した Z 軸方向の力の大きさ及び正負方向が検出できるようにしてあることを特徴とする請求項 5 記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 7】 可動板には操作部を囲む態様で周凸部が形成されており、前記周凸部を取付部材に押圧する態様で可動板を取り付けたときには、周凸部の弾性復帰力により取付部材と可動板との間のシール性が確保されるようにしてあることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 8】 基板と可動板とを金属フレームで包み込むと共に前記金属フレームの一部を折り曲げて可動板が基板及び金属フレームに対して圧接する態様で固定してあり、前記可動板の弾性復帰力によって生じるシール性

により可変静電容量部に異物が外部から侵入しないようにしてあることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 9】 金属フレームが導電性を有するものであり、前記金属フレームを介して可動電極を特定の電圧に保持するようにしてあることを特徴とする請求項 8 記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 10】 基板又は可動板の対向面のうち少なくともいずれか一方に、固定電極群と可動電極との間の間隙があまり小さくならないようにするための突起を設けてあることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 11】 90° 間隔で配置された四つの電極で囲まれた基板部分に独立する接点用ランドを形成すると共に、前記接点用ランドと対向する可動板部分に電気接点となる突起を形成し、前記突起と接点用ランドとによりスイッチを構成させてあることを特徴とする請求項 5 記載の静電容量式力覚センサ。

【請求項 12】 操作部に空間部を設けてあることを特徴とする請求項 3 記載の静電容量式力覚センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、静電容量式力覚センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の静電容量式力覚センサとしては、例えば図 14 に示す如く、固定電極 $Dx+$ 、 $Dx-$ 、 $Dy+$ 、 $Dy-$ を有した基板 90 と、操作軸 91a を有し且つ導電性を有した皿状の金属ダイヤフラム 91 とをリベット 92 により一体化して成るものがある。この力覚センサでは、前記操作軸 91a を傾倒させると金属ダイヤフラム 91 が変形して、前記金属ダイヤフラム 91 と固定電極 $Dx+$ 、 $Dx-$ 、 $Dy+$ 、 $Dy-$ との間の静電容量が変化するようにになっている。

【0003】しかしながら、従来の静電容量式力覚センサでは①②に示すような問題がある。

① 金属ダイヤフラム 91 への操作軸 91a との結合（カシメ止め等）や、金属ダイヤフラム 91 と基板 90 とのリベット結合等の面倒な組み立て作業が必要であり、コスト高となってしまう。

② 金属ダイヤフラム 91 と基板 90 との間に水等が侵入しやすく、用途によっては防水対策用のシール部材が別途必要になってしまう。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】そこで、この発明では、面倒な組み立て作業が少なく且つ部品点数を増やすことなく容易に防水及び防塵対策ができる静電容量式力覚センサを提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】（請求項 1 記載の発明）

この発明の静電容量式力覚センサは、固定電極群が形成された基板と、前記固定電極群と対向する面に導電性インク又は導電性塗料を付着又は含浸させて成る可動電極を有したエラストマー製の可動板とを具備すると共に、前記固定電極群と可動電極とから複数の可変静電容量部を構成し、前記可動板に加えた力の大きさと方向に対応して各可変静電容量部の静電容量が変化するようにしてある。

(請求項2記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、固定電極群が形成された基板と、前記固定電極群と対向する面に導電性金属を蒸着させて成る可動電極を有したエラストマー製の可動板とを具備すると共に、前記固定電極群と可動電極とから複数の可変静電容量部を構成し、前記可動板に加えた力の大きさと方向に対応して各可変静電容量部の静電容量が変化するようにしてある。

(請求項3記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項1又は2記載の発明に関して、可動板には、エラストマーより成る凸状の操作部が一体成形されている。

(請求項4記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項1乃至3のいずれかの記載の発明に関して、固定電極群は、 180° 間隔で電極が配置されたものであり、二つの可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用したX軸方向の力の大きさと及び正負方向が検出できるようにしてある。

(請求項5記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項1乃至3のいずれかの記載の発明に関して、固定電極群は、 90° 間隔で電極が配置されたものであり、一方の直線上で対向する可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用したX軸方向の力の大きさと及び正負方向が検出でき、他方の直線上で対向する可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用したY軸方向の力の大きさと及び正負方向が検出できるようにしてある。

(請求項6記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項5記載の発明に関して、 90° 間隔で配置された四つの電極で囲まれた基板部分に独立する電極を形成してあり、前記した独立する電極と可動電極とにより構成される可変静電容量部の静電容量の変化により操作部に作用したZ軸方向の力の大きさと及び正負方向が検出できるようにしてある。

(請求項7記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項1乃至6のいずれかに記載の発明に関して、可動板には操作部を囲む態様で周凸部が形成されており、前記周凸部を取付部材に押圧する態様で可動板を取り付けたときには、周凸部の弾性復帰力により取付部材と可動板との間のシール性が確保されるようにしてある。

(請求項8記載の発明) この発明の静電容量式力覚セン

サは、請求項1又は2記載の発明に関して、基板と可動板とを金属フレームで包み込むと共に前記金属フレームの一部を折り曲げて可動板が基板及び金属フレームに対して圧接する態様で固定してあり、前記可動板の弾性復帰力によって生じるシール性により可変静電容量部に異物が外部から侵入しないようにしてある。

(請求項9記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項8記載の発明に関して、金属フレームが導電性を有するものであり、前記金属フレームを介して可動電極を特定の電圧に保持するようにしてある。

(請求項10記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項1乃至9記載の発明に関して、基板又は可動板の対向面のうち少なくともいずれか一方に、固定電極群と可動電極との間の間隙があまり小さくならないようにする突起を設けてある。

(請求項11記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項5記載の発明に関して、 90° 間隔で配置された四つの電極で囲まれた基板部分に独立する接点用ランドを形成すると共に、前記接点用ランドと対向する可動板部分に電気接点となる突起を形成し、前記突起と接点用ランドとによりスイッチを構成させてある。

(請求項12記載の発明) この発明の静電容量式力覚センサは、請求項3記載の発明に関して、操作部に空間部を設けてある。

【0006】なお、上記発明の静電容量式力覚センサの機能については、以下の発明の実施の形態の欄で詳述する。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図面に従って説明する。

(実施形態1) 図1は、この発明の実施形態1の静電容量式力覚センサSの断面図を示している。

【0008】この静電容量式力覚センサSは、基本的には図1に示すように、基板1と、前記基板1上に配置された可動板2とを具備するものであり、図1の二点鎖線に示される如くケーシングKの上壁kにビスBにより取り付けられるようにして形成されている。

【0009】基板1は、図1や図2に示すように、その上面に接点用ランドL、及びレジスト膜Rで覆われた固定電極Dx+, Dx-, Dy+, Dy-, Dz+が形成されていると共に、下面に静電容量/電圧変換用の電子部品Eが配置されており、また、四隅には上記ビスBを挿通するための貫通孔hを穿設してある。なお、固定電極Dx+, Dx-, Dy+, Dy-, Dz+をレジスト膜Rで覆ってあるのは、後述する導電性インク層21と電氣的に接触するようなことがないようにするためである。

【0010】可動板2は、図1に示すように、エラストマー部20とこれの下面側にシルク印刷した導電性インク層21とから構成されている。前記エラストマー部20の材

料は常温付近で大きなゴム弾性を示す高分子物質であればよく、例えば、架橋した天然ゴムや合成ゴム、熱可塑性ウレタンゴム、スパンデックスやポリカーボネート弾性樹脂、スポンジゴムなどが採用できる。また、この実施形態では導電性インク層21をエラストマー部20の下面に印刷形成してあるが、その他、エラストマー部20の下面に、導電性塗料を印刷して形成したものや、導電性金属を蒸着したものとしてもよい。

【0011】前記エラストマー部20は、図1に示すように、その上面に短軸状の操作部20aを立設してあり、外周部には上記した上壁kとの圧接によりシール性を発揮する周凸部20bを設けてあると共に前記操作部20aと周凸部20bとの間を真円状のダイヤフラム部20cとしてある。他方、導電性インク層21は、図1に示すように、その下面に上記固定電極Dx⁺、Dx⁻、Dy⁺、Dy⁻、Dz⁺が入る程度の大きさの平面視円形状の凹み部21aを設けてある。

【0012】なお、上記可動板2は操作部20aに力を加えるとダイヤフラム部20cに応力が集中して変形する起歪体を形成しており、上記導電性インク層21における固定電極と対向する部分は、後述するように固定電極Dx⁺、Dx⁻、Dy⁺、Dy⁻、Dz⁺との関係で可変静電容量部Cx⁺、Cx⁻、Cy⁺、Cy⁻、Cz⁺を構成する可動電極Dとして機能する。

【0013】ここで、この静電容量式力覚センサSは、図1に示すケーシングKへの取り付け状態では以下に示す機能が発揮されている。

①周凸部20bが上壁kからの押圧力により弾性変形して、導電性インク層21と接点用ランドLとが圧接状態となり、可変静電容量部Cx⁺、Cx⁻、Cy⁺、Cy⁻、Cz⁺への液体やゴミの侵入が阻止（シール性が発揮）され、他方、上壁kの下面と周凸部20bとが圧接状態となり、上壁kに形成された孔Hからの液体やゴミの侵入が阻止される。つまり、このセンサSの構成を採用した場合、板状シート部材を特別に設けなくとも各所のシール性が確保できる。

②上記した導電性インク層21と接点用ランドLとの接触により可動板2の導電性インク層21全体がGND電位となる。よって、接点用ランドLと固定電極Dx⁺、Dx⁻、Dy⁺、Dy⁻、Dz⁺との間に電位差を設けることにより上記した可変静電容量部Cx⁺、Cx⁻、Cy⁺、Cy⁻、Cz⁺を発生させることができる。

③なお、このセンサSの構成を採用した場合、従来の技術の欄で記載したような面倒な組み立て作業がない。

【0014】この静電容量式力覚センサSは上記のような構成であるから、操作部20aを操作すると以下に示すように機能する。

【0015】まず、図3に示すように、操作部20aにX軸方向の力Fx又はモーメントMxを加えると、可動電極Dと固定電極Dx⁺との間のギャップが小さくなり、

可変静電容量部Cx⁺の静電容量が大きくなる。他方、可動電極Dと固定電極Dx⁻との間のギャップは変化しないか又は大きくなり、可変静電容量部Cx⁺の静電容量は変化しないか又は小さくなる。このことは対称性によりY軸方向の力Fy又はモーメントMyを加えた場合も固定電極Dy⁺、Dy⁻について同様のことが言える。つまり、XY平面では、加える力の大きさと方向に応じて可動電極Dを構成する導電性インク層21が変形し、それに対応して可変静電容量部Cx⁺、Cx⁻、Cy⁺、Cy⁻、Cz⁺の静電容量が変化する。なお、上記した操作部20aへの力又はモーメントが無くなると、元の状態に復帰する。

【0016】次に、図4に示すように、操作部20aにZ軸方向の力Fzを加えると、可動電極Dと固定電極Dz⁺との間のギャップが小さくなり、可変静電容量部Cz⁺の静電容量は大きくなる。また、可動電極Dと固定電極Dx⁺、Dx⁻、Dy⁺、Dy⁻、Dz⁺との間のギャップは均等に小さくなり可変静電容量部Cx⁺、Cx⁻、Cy⁺、Cy⁻の静電容量はほぼ等しく大きくなる。

【0017】以上のことから、可変静電容量部Cx⁺、Cx⁻、Cy⁺、Cy⁻、Cz⁺の静電容量は三次空間に加える力の大きさに対応して変化することが判った。したがって、図5に示すような回路を構成すれば、操作部20aに加える力の大きさと方向を、X、Y、Z軸方向の成分の電圧変化として検出することができる。なお、図5に示した回路にかえて図6に示した回路（Y及びZ軸の回路は省略している）を採用しても同様の効果を得ることができる。図6中、Vx1、Vx2は周期的に変化するものとする。

（実施形態2）図7は、この発明の実施形態2の静電容量式力覚センサSの断面図を示しており、図8は前記静電容量式力覚センサSの外観斜視図を示している。

【0018】この実施形態では単独での組み立てを考慮しており、静電容量式力覚センサSは、図7や図8に示すように、基板1と可動電極板2とを金属フレームF内に収容すると共に、前記金属フレームFにおける上壁f1と折曲片f2とにより基板1と可動電極板2とを積層した状態で挟圧保持したものである。したがって、上記実施形態1と同様にこの可変静電容量部Cx⁺、Cx⁻、Cy⁺、Cy⁻、Cz⁺への液体やゴミの侵入が阻止（シール性が発揮）され、また、導電性インク層21と接点用ランドLとの接触により可動板2の導電性インク層21全体がGND電位となっている。ここで、図7や図8に示した符号f3はハンダ付きリード端子であり、これを介して接点用ランドLと固定電極Dx⁺、Dx⁻、Dy⁺、Dy⁻、Dz⁺との間に電位差が付与される。

【0019】また、導電性インク層21をGND（グラウンド）電位にする手段として上記実施形態において接点用ランドLを設けることなく、図9に示す如く、導電性イ

ンク層21を金属フレームFと接触させ、前記金属フレームFのリード端子f3をGNDに接続するようにしてもよい。

【実施形態3】この実施形態3の静電容量式力覚センサSは、図10に示すように、基板1にレジスト膜Rで覆われた固定電極Dx+, Dx-, Dy+, Dy-のみを配設し、これら固定電極Dx+, Dx-, Dy+, Dy-で囲まれる部分と対向する可動板2部分に下方に突出する突起21d（導電性インク層21により覆われている）を設けて構成してある。このセンサSでは上記突起21dの下端を基板1側に接触させてあり、突起21dがテコの支点の如く機能するようにしてある。したがって、この構造のセンサSをジョイスティックとして使用した場合、操作性が安定するという効果がある。

【実施形態4】この実施形態4の静電容量式力覚センサSは、図11に示すように、レジスト膜Rで覆われた固定電極Dx+, Dx-, Dy+, Dy-で囲まれた基板部分に独立する接点用ランドL1（レジスト膜R無し）を形成すると共に、前記接点用ランドL1と対向する可動板2部分に電気接点となる突起21e（導電性インク層21により覆われている）を形成してあり、前記突起21eと接点用ランドL1とによりスイッチを構成させたものである。

【実施形態5】この実施形態4の静電容量式力覚センサSは、図12や図13に示すように、操作感を向上させるために操作部20aの内部に空間部t（中空）とすることができ。

（その他の実施形態）上記実施形態1～5に示された静電容量式力覚センサSに関し、操作性を向上させるために操作部20aの先端を凸又は凹にしても良い。

【0020】手で操作する力以外の力を測定する場合は、用途に合わせて操作部の形状を変更しても良い。例えば操作部の先端をベアリング等の取り付けが可能な形状にし、糸の張力を測定する用途にも供することができる。

【0021】

【発明の効果】この発明は上記構成を有するものであるから以下の効果を奏する。

【0022】発明の実施の形態段の欄の説明から明らかのように、面倒な組み立て作業が少なく且つ部品点数を増やすことなく容易に防水及び防塵対策ができる静電容量式力覚センサを提供できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施形態1の静電容量式力覚センサの組み立て断面図。

【図2】前記力覚センサの基板及び固定電極の平面図。

【図3】前記力覚センサの操作部にX軸方向の力又はモーメントが生じたときの断面図。

【図4】前記力覚センサの操作部にZ軸方向の力が生じたときの断面図。

【図5】前記力覚センサに採用される回路図。

【図6】前記力覚センサに採用される他の実施形態の回路図。

【図7】この発明の実施形態2の静電容量式力覚センサの断面図。

10 【図8】この発明の実施形態2の静電容量式力覚センサの外観斜視図。

【図9】前記発明の実施形態2の静電容量式力覚センサに関連する力覚センサの断面図。

【図10】この発明の実施形態3の静電容量式力覚センサの断面図。

【図11】この発明の実施形態4の静電容量式力覚センサの断面図。

【図12】この発明の実施形態5の静電容量式力覚センサの断面図。

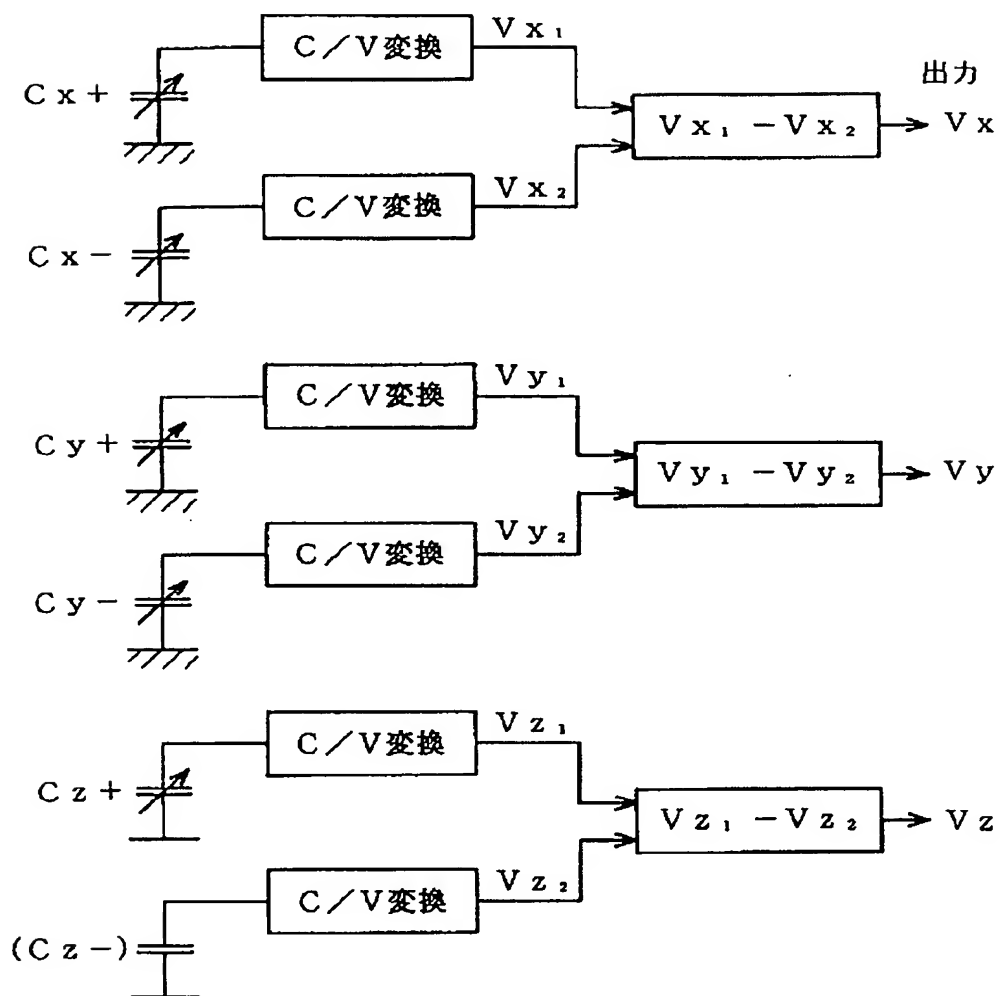
20 【図13】この発明の実施形態5の静電容量式力覚センサに関連する力覚センサの断面図。

【図14】先行技術の静電容量式力覚センサの断面図。

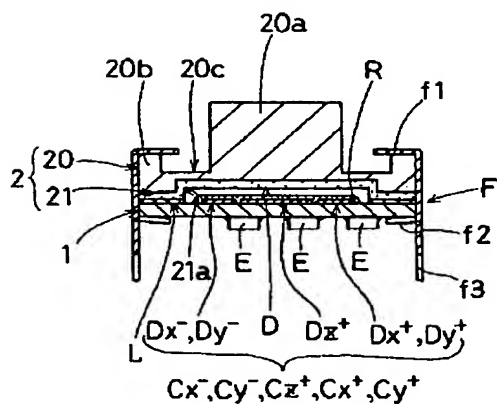
【符号の説明】

S	静電容量式力覚センサ
D	可動電極板
Dx+	固定電極
Dx-	固定電極
Dy+	固定電極
Dy-	固定電極
Dz+	固定電極
Cx+	可変静電容量部
Cx-	可変静電容量部
Cy+	可変静電容量部
Cy-	可変静電容量部
Cz+	可変静電容量部
t	空間部
F	金属フレーム
1	基板
2	可動板
20	エラストマー部
20a	操作部
20b	周凸部
21	導電性インク層
21d	突起
21e	突起

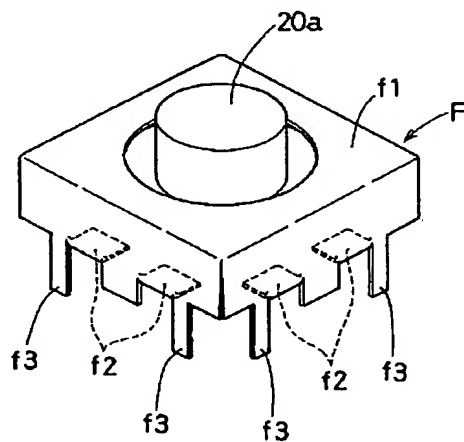
【図5】



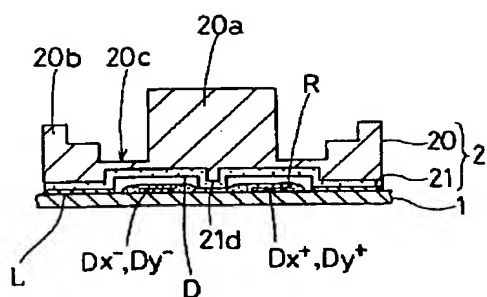
【図7】



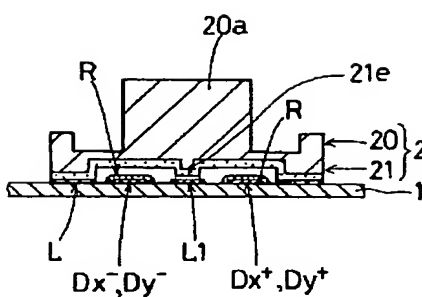
【図8】



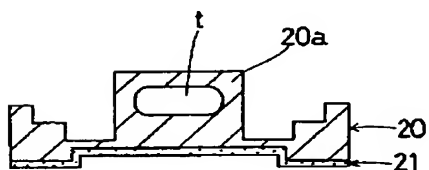
【図10】



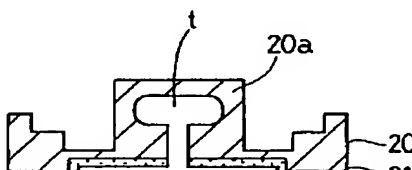
【図11】



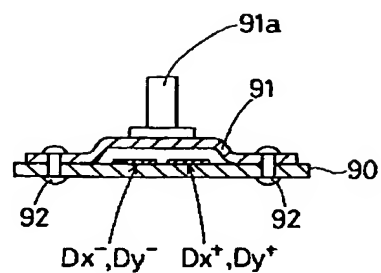
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 岡田 和廣
埼玉県大宮市桜木町4-244-1 都築ビル4階

Fターム(参考) 2F051 AA10 AB06 AC01 DA03 DB03